



Medit : outil interactif de visualisation de maillages. (version 2.0, nov. 2000)

Pascal Frey

► To cite this version:

Pascal Frey. Medit : outil interactif de visualisation de maillages. (version 2.0, nov. 2000). RT-0247, INRIA. 2001, pp.26. inria-00069927

HAL Id: inria-00069927

<https://inria.hal.science/inria-00069927>

Submitted on 19 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Medit : outil interactif de visualisation de maillages.

(Version 2.0, nov. 2000)

Pascal J. FREY

No 0247

29 janvier 2001

THÈME 4



*rapport
technique*

Medit : outil interactif de visualisation de maillages.

(Version 2.0, nov. 2000)

Pascal J. FREY*

Thème 4 — Simulation et optimisation
de systèmes complexes
Projet Gamma

Rapport technique n° 0247 — 29 janvier 2001 — 26 pages

Résumé : Ce rapport technique décrit les principales fonctionnalités du logiciel **Medit**. Ce programme a été développé à l'INRIA pour permettre la visualisation interactive de maillages (plans, de surfaces ou volumiques), spécifiquement dans le contexte d'applications numériques. Basé sur le standard graphique **OpenGL**, **Medit** a été conçu pour répondre aux besoins les plus courants des utilisateurs (en général, environ 10% des possibilités des logiciels de visualisation sont exploitées par 90% des utilisateurs).

Mots-clé : maillage, visualisation, OpenGL

(Abstract: pto)

* Email : Pascal.Frey@inria.fr

Medit : interactive mesh visualization software

Abstract: This technical report describes the main features of **Medit** software. This code has been developed at INRIA in order to visualize meshes (planar, surface ou volumetric) in an interactive way. Based on the graphic standard **OpenGL**, **Medit** is the answer to the most common needs of the users (usually, roughly 10% of the graphic features of the visualization software are used by 90% of the users).

Key-words: mesh, visualization, OpenGL

Table des matières

1	Introduction	4
2	Présentation générale	6
2.1	Données	6
2.2	Bref aperçu des fonctionnalités	8
3	Prise en mains	9
4	Utilisation	12
4.1	La ligne de commande	12
4.2	Les options accessibles par menus	12
4.3	Les raccourcis clavier	19
4.4	Utilisation de la souris	20
4.5	Le mode animation	22
5	"Du sur mesure"	23
6	Annexe technique	25
6.1	Obtenir Medit	25
6.2	Installation	25
6.3	Performances	26

1 Introduction

De nombreuses applications de simulation numérique par des méthodes d'éléments ou de volumes finis utilisent comme support spatial un maillage du domaine de calcul. Dans ce contexte, il est souvent nécessaire de visualiser ce maillage et éventuellement des solutions associées. Ainsi, le recours à des moyens graphiques permet, s'il est adapté au problème, d'apprécier, voire d'analyser, un maillage (une solution). Pour être efficace (et donc utile), ceci doit être à la fois rapide et offrir de nombreuses possibilités, le tout dans un environnement aussi convivial et interactif que possible. Nombreux sont les logiciels graphiques répondant à ces critères et il pourrait donc sembler naturel de fixer son choix sur l'un d'entre eux. Néanmoins, on constate généralement que 90% des utilisateurs utilisent environ 10% des fonctionnalités potentielles de ces logiciels. Plus intéressant encore, ces mêmes utilisateurs jugent souvent ces outils inappropriés à leurs besoins (les fonctions vraiment utiles sont manquantes¹ alors que de nombreuses fonctions existent, sans intérêt particulier pour l'application ciblée) ou trop lourds à mettre en œuvre.

Ce constat nous a conduit à envisager le développement d'un outil, délibérément limité dans ses capacités, centré sur les utilisateurs "numériciens", désireux de repérer des zones critiques dans un maillage plutôt que polarisés sur l'aspect graphique pur (rendu réaliste, ...). Au demeurant, les fonctionnalités escomptées d'un tel logiciel devraient être le fruit des remarques des utilisateurs plutôt que de l'auto-promotion des compétences graphiques des développeurs. Ceci dit, il est entendu que **Medit** ne prétend pas se substituer aux logiciels génériques, mais se présente plutôt comme une alternative "light" destinée aux utilisateurs pressés de voir un résultat et relativement peu soucieux de gadgets graphiques. Soyez néanmoins rassurés, l'auteur de ces lignes est bien conscient du côté iconoclaste de cette approche à l'époque où tout logiciel graphique qui se respecte ne saurait se concevoir sans réalité virtuelle et autre *GUI*..

Medit a donc été conçu et développé comme un outil graphique de visualisation de maillages (plans, de surfaces et 3D), aussi facile à utiliser que possible. Basé sur le standard graphique **OpenGL**, il autorise la manipulation interactive de maillages de quelques éléments à quelques centaines de milliers d'éléments avec la même aisance et en un temps qui reste largement raisonnable sur des stations de travail classiques ($\approx 400\,000$ polygones/seconde pour un maillage de plus d'un million d'éléments sur une station HP 9000 avec une carte FXe). À noter que pour de gros maillages (quelques millions d'éléments), il est souhaitable de disposer d'une carte graphique 3D sous peine de pénaliser les performances du logiciel. Un autre souci qui a guidé notre démarche a été de rendre le logiciel aussi portable que possible. Pour cela, il a été décidé de n'utiliser que la librairie graphique **OpenGL** (ou son équivalent du domaine public **Mesa**) et la librairie associée **GLUT** (*OpenGL Utility Toolkit*). Ceci permet au code d'avoir le même *look and feel* sur les différentes architectures où il a été porté (voir Section 6).

Les données à visualiser sont décrites au moyen du format **MESH** (introduit par le projet GAMMA, INRIA-Rocquencourt) qui permet de spécifier toutes les informations relatives à la géométrie d'un maillage (informations classiques mais aussi, le cas échéant, les arêtes vives, les coins, les normales, les tangentes, etc.) ainsi qu'à la définition de sous-domaines de calcul et autres références utiles en simulation numérique. En outre, un champ de solutions peut être associé au maillage au moyen d'un autre fichier d'entrée.

1. mais peuvent bien sûr être "greffées", moyennant quelque développement généralement coûteux !

Ce document a pour but de servir de manuel de référence du logiciel et de décrire (assez succinctement) le format d'entrée utilisé. Décrire le fonctionnement du logiciel constitue une sorte de gageure dans la mesure où celui-ci est censé être suffisamment convivial et intuitif pour se passer de documentation. Nul n'étant parfait (et certaines fonctions méritant quelques détails), nous allons tenter de décrire aussi naturellement que possible (c'est-à-dire du point de vue de l'utilisateur) les fonctions de base du logiciel.

2 Présentation générale

Medit permet de représenter tout maillage (2D, 3D ou de surface) conforme (au sens des éléments finis) ou non, dans une fenêtre graphique qui lui est propre. L'utilisateur a le loisir d'agir sur cet "objet" graphique soit en modifiant son "apparence" (filaire, faces cachées, plan de coupe, ...), soit en lui appliquant des transformations (rotation, translation, zoom, ...) à l'aide de la souris. La visualisation simultanée de plusieurs maillages dans des fenêtres graphiques indépendantes est également possible. Par ailleurs, ce logiciel autorise la création d'animations simplifiées (par exemple basées sur l'évolution d'un champ de solutions ou l'adaptation de maillage).

2.1 Données

Plusieurs types de maillages peuvent être représentés :

- plans (2D),
- volumiques (3D) et
- surfaciques.

Comme on l'a mentionné, le maillage n'a besoin d'être ni conforme, ni orientable (*i.e.*, un anneau de Möbius est accepté) et peut également être *non-manifold* (dans le cas d'un maillage de surface). Pour simplifier, un maillage est ici la représentation discrète d'une géométrie (sans contrainte topologique) décrite sous la forme d'une liste d'entités (arêtes, faces, volumes). Précisons tout de même que seuls les types arêtes, triangles, quadrilatères, tétraèdres et hexaèdres sont acceptés (c'est-à-dire les principaux éléments finis usuels). Notons aussi que dans le cas d'un maillage volumique, il est intéressant (mais non impératif) de donner, outre la liste des tétraèdres ou hexaèdres du domaine, la liste des éléments frontières (triangles ou quadrilatères), ceci pour accélérer les traitements (en général, seules les faces frontières sont visibles!).

Description de la géométrie. La géométrie du maillage est décrite dans un fichier au format **Mesh** (ou éventuellement au format **msh2**). Le lecteur est renvoyé au document de référence pour une description complète de ce format de données. On se contente de rappeler ici brièvement les principaux champs utilisés pour décrire un maillage en dimensions 2 et 3.

Un fichier **Mesh** de nom générique (**xxx.mesh**) se compose de mots-clés identifiant les différents champs de la structure. Le fichier débute par un en-tête identifiant le type du fichier et la version, suivis de la dimension de l'espace (un entier) :

```
– MeshVersionFormatted 1

– Dimension
  dim
```

À noter que le format peut être binaire (fichier **xxx.meshb**) ou Ascii (fichier **xxx.mesh**).

Suivent ensuite les champs décrivant la géométrie (les sommets) et la topologie du maillage (les éléments), schématiquement :

```
– Vertices
  NP
   $x_{j=1,dim}^i, ref^i, i \in [1..NP]$ 
```

– Entity

NE

$$v_{j=1,deg}^i, ref^k, i \in [1..NP], k = 1, NE.$$

Les valeurs x^i représentent les coordonnées des sommets du maillage (en simple précision), les valeurs ref^i étant les références associées (éventuellement nulles). Les entités correspondent aux types géométriques **Edges**, **Triangles**, **Quadrilaterals**, **Tetrahedra**, **Hexahedra**, et comportent les références aux indices des sommets décrits auparavant. NE indique le nombre d'entités de ce type. Par exemple, la ligne :

1 3 5 10

dans le champ **Triangle** indique que ce triangle est composé des sommets d'indices 1, 3 et 5, et que lui est associée la référence 10.

Les entités contraintes ou les singularités sont décrites à l'aide des champs (facultatifs) suivants : **Corners**, **Ridges**, **RequiredVertices**, **RequiredEdges**, **RequiredTriangles**, Un coin (**Corner**) est un point assurant une continuité C^0 avec les arêtes le partageant, une arête vive (**Ridge**) assurant une continuité C^0 entre les faces la partageant. Ces items font référence aux entités correspondantes (*i.e.*, **Edges** pour les champs **RequiredEdges** et **Ridges**).

Dans le cas d'un maillage de surface, il est en outre possible de spécifier les normales et tangentes aux sommets à la surface. Pour cela, les normales (**Normals**) sont données sous la forme d'une liste de vecteurs. Les normales en un sommet (**NormalAtVertices**) sont indiquées au moyen du numéro de sommet et de l'indice du vecteur normal en ce sommet. Il est aussi possible de spécifier les normales en un sommet d'un triangle (**NormalAtTriangleVertices**). Il en va de même pour les tangentes.

Le format **msh2** peut également être utilisé pour décrire un maillage. Ce format se compose de deux fichiers **xxx.points** et **xxx.faces** décrivant l'un la géométrie, l'autre la topologie du maillage. Le fichier **xxx.points** est structuré comme suit :

NP

$$x^i, y^i, z^i, ref^i, i \in [1..NP]$$

Le fichier **xxx.faces** a la structure suivante :

NF

$$deg, v_{j=1,deg}^i, ref^i, ref_{j=1,deg}^i$$

où deg représente le degré de la face (3=triangle, 4=quad), ref la référence de la face et $refe$ les références des arêtes (se reporter au document pour la définition de l'ordre d'énumération des arêtes dans une face).

Spécification d'une métrique associée. Outre la géométrie et la topologie du maillage, un champ de solutions scalaires peut également être associé aux nœuds ou aux éléments du maillage. Ceci est possible grâce à un fichier **xxx.bb** associé au fichier **xxx.mesh**. Un tel fichier a la structure suivante :

dim, nbmet, nbval, type

$$v^i, i \in [1..nbmet \times nbval]$$

où **dim** est la dimension de l'espace, **nbmet** le nombre de champs associés. Actuellement, seuls sont gérées les valeurs **nbmet=1** qui correspond à des valeurs scalaires, et **nbmet=3** et **dim=2** qui définit une matrice 2×2 symétrique (un tenseur). **nbval** correspond au nombre d'informations associées aux sommets (**type=2**); en principe, **nbval=np**. Le deuxième enregistrement comprend les $nbmet \times nbval$ valeurs.

2.2 Bref aperçu des fonctionnalités

Dans cette section, nous allons présenter quelques unes des fonctions offertes par **Medit**. Pour cela, considérons un maillage en trois dimensions destiné à des applications de type éléments finis. En principe, le premier souhait de tout utilisateur est de voir et d'examiner son maillage sous toutes les coutures, c'est-à-dire sous des angles de vue différents, si possible définis interactivement à l'aide de la souris, de manière à mieux appréhender la géométrie du domaine dans l'espace. Ceci suppose donc d'appliquer des transformations géométriques au maillage. Par ailleurs, lorsqu'il s'agit de domaines en trois dimensions, le rendu du domaine avec élimination des parties cachées est hautement souhaitable pour une perception réaliste du domaine. Il est également évident que l'utilisateur ne souhaite pas attendre à chaque opération appliquée au maillage. Enfin, lorsqu'une configuration mérite quelque analyse plus fine, il est intéressant d'imprimer sur un support papier l'image affichée à l'écran et/ou de la sauvegarder dans un fichier.

Ces requis énoncés, l'architecture générale du logiciel s'est rapidement imposée. Schématiquement, on peut distinguer deux catégories d'interactions avec le maillage : les transformations de nature (géo)métrique, qui consistent à appliquer une matrice de transformation aux coordonnées des sommets du maillage en laissant inchangée sa topologie et les transformations de nature graphique affectant la représentation visuelle (le *rendu*) du maillage.

Dans la première catégorie, on trouve notamment : les rotations, les translations, les zooms, les coupes par des plans, etc. qui sont tous définis de manière approchée. En effet, dans le type d'application envisagée, l'utilisateur cherche avant tout à comprendre et analyser une configuration donnée (par exemple, dans une étape d'analyse d'un (logiciel de) maillage) plutôt que d'appliquer une transformation précise sur cette configuration. Par conséquent, il est sans doute suffisant de définir ces transformations à l'aide de la souris, c'est-à-dire en convertissant l'amplitude d'un déplacement en deux dimensions à l'écran (*i.e.*, un nombre de pixels) en une valeur d'angle ou un déplacement équivalent en trois dimensions (en coordonnées objet).

La seconde catégorie d'interactions concerne plus spécifiquement l'apparence (le rendu) de l'objet discrétisé. Outre les représentations classiques de type fil-de-fer, élimination des parties cachées, il est parfois intéressant d'afficher les différents sous-domaines composant un maillage à l'aide de couleurs différentes. En corollaire, la possibilité doit être offerte à l'utilisateur de cacher (d'occulter) certains sous-domaines (correspondant à des références spécifiques). Pour cela encore, la souris peut être associée à un mécanisme de désignation. Citons encore la possibilité de rechercher un item par son numéro, l'affichage des singularités (arêtes vives, coins, etc.) et la désignation d'items à l'aide de la souris.

Enfin, une troisième catégorie peut être exhibée qui a trait à la visualisation multi-maillages (plusieurs maillages en même temps sous un même angle). Certaines applications (de remaillage notamment) transforment un maillage donné pour, par exemple, tenir compte de contraintes de taille sur les éléments. Il est alors intéressant de pouvoir comparer les deux maillages, sous les mêmes angles de vue. Une autre application concerne l'animation, c'est-à-dire la possibilité de visualiser une séquence de maillages et éventuellement de solutions associées (sous un même point de vue). Cette possibilité s'avère utile en particulier dans le cas de l'adaptation de maillages.

Ces quelques fonctions étant mentionnées, nous allons maintenant détailler l'utilisation du logiciel.

3 Prise en mains

Cette section présente les diverses possibilités offertes par le logiciel. Il est conseillé à l'utilisateur de lire cette section devant son ordinateur de manière à observer et comprendre le comportement de **Medit** par l'expérimentation. Nous allons d'abord nous familiariser avec les quelques commandes de base du logiciel avant d'en détailler le fonctionnement complet et les options dans la section suivante.

Pour lancer **Medit**, taper simplement la commande suivante dans la fenêtre active :

```
medit file
```

qui a pour effet d'activer le programme et de lire le fichier de donnée **file**. Si le nom du fichier ne contient pas d'extension, les fichiers **file.meshb**, **file.mesh**, et **file.{points,faces}** seront successivement testés comme entrées possibles. À noter que le format binaire **.meshb** est prioritaire sur le format Ascii correspondant (pour des raisons d'efficacité). En plus d'un fichier décrivant un maillage, **Medit** recherche également un fichier **file.bb** contenant éventuellement une solution associée. Dans le cas où la ligne de commande ne contient pas de nom de fichier, le logiciel en requiert un au moyen de la question suivante :

```
- FILE BASENAME(S) ?.
```

l'utilisateur doit alors entrer au clavier un nom de fichier valide. Après quelques secondes (en fonction de la taille du maillage), le message suivant est affiché dans la fenêtre active :

```
-- Medit, Release 2.0 (November, 2000)
   Copyright (C) INRIA, 1999-2000.

-- MESH INFORMATION
%% c22.d.meshb OPENED
   NUMBER OF GIVEN VERTICES          160
   NUMBER OF GIVEN TRIANGLES         316
   NUMBER OF GIVEN EDGES              86
   NUMBER OF GIVEN RIDGES             81
   NUMBER OF GIVEN CORNERS            23
   NUMBER OF REQUIRED POINTS           1
   NUMBER OF GIVEN NORMALS           250
%% c22.d.bb OPENED
   NUMBER OF GIVEN SOLUTIONS         160
-- DATA READING COMPLETED
%% NO PARAMETER FILE FOUND.
USE DEFAULT PARAMETER VALUES.
```

Simultanément, une fenêtre graphique apparaît dans laquelle le maillage est représenté en mode fil-de-fer (Figure 1, à gauche). En tapant '**b**' sur le clavier, la couleur de fond passe du noir au blanc et en tapant '**f**' les faces cachées sont éliminées (Figure 1, à droite).

En quelques instants, l'utilisateur prend alors conscience de la particularité du logiciel : aucun autre *panel* n'apparaît. En fait, la quasi-totalité des commandes se fait soit par l'intermédiaire du clavier, soit au moyen de la souris. Pour se familiariser avec ce concept, placer la souris dans la fenêtre graphique, enfoncer le bouton de gauche de celle-ci et le maintenir enfoncé. Le moindre mouvement de la souris provoque alors la rotation de l'objet à l'écran, dans la direction dans laquelle le mouvement a été effectué. Le relâchement du bouton stoppe aussitôt la rotation. De manière similaire, il est possible de translater le maillage. Pour cela, il suffit d'utiliser le bouton du milieu de la souris.

Si l'objet disparaît accidentellement de l'écran (en lui appliquant une translation trop importante), il est possible, à tout instant, de le ramener à sa position d'origine en tapant '**i**'.

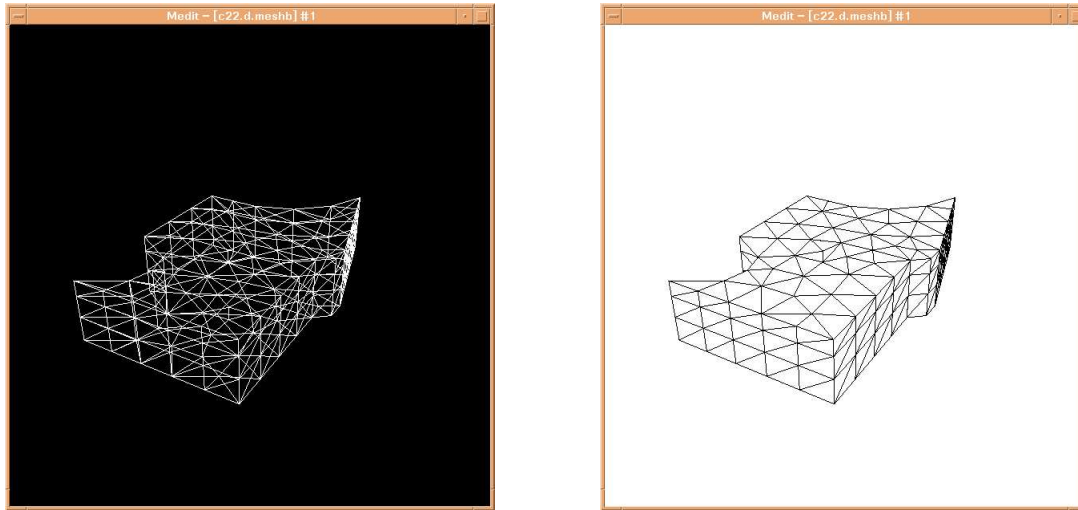


FIG. 1 – Fenêtre graphique créée lors du chargement d'un maillage (à gauche) et après avoir tapé la séquence 'bf' au clavier (à droite).

À présent, placer la souris dans la fenêtre graphique et enfoncer le bouton droit² : un menu apparaît (Figure 2, à gauche). En sélectionnant successivement l'option **Shading+lines** du sous-menu **Render mode** et les options **[A] Axis** et **[g] Geometric items** du sous-menu **Items**, on obtient le résultat de la Figure 2 (à droite).

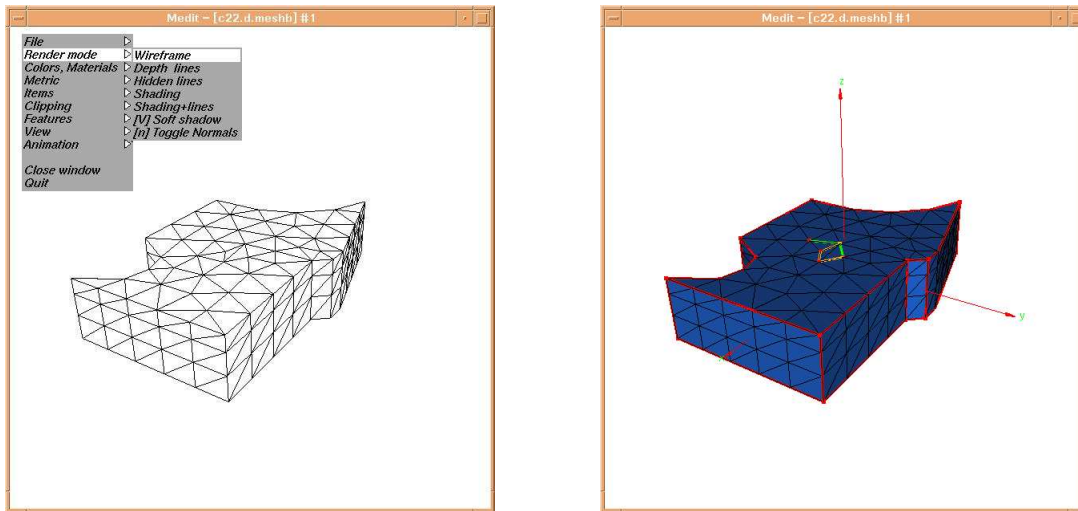


FIG. 2 – Utilisation des menus pour modifier l'apparence du maillage.

Lorsqu'on manipule des maillages en trois dimensions (surfaces ou volumes), il est souvent nécessaire de réaliser une section de coupe. Ceci est possible en utilisant la touche de fonction **F1** (ou l'option **[F1] Toggle clipping** du sous-menu **Clipping**). Cette touche permet d'activer le plan de coupe $x = x_G$ où x_G est la coordonnée en x du barycentre de l'objet (Figure 3). En utilisant la touche **F2** combinée aux déplacements de la souris, il est possible de modifier ce plan de manière interactive. Dans le cas

2. Noter à ce propos qu'une souris '3 boutons' est recommandée.

d'un maillage volumique, la liste des éléments intersectés est affichée (l'effet 'hérisson'). L'utilisateur peut choisir de désactiver cette option dans le menu **Clipping** (Figure 3, à droite).

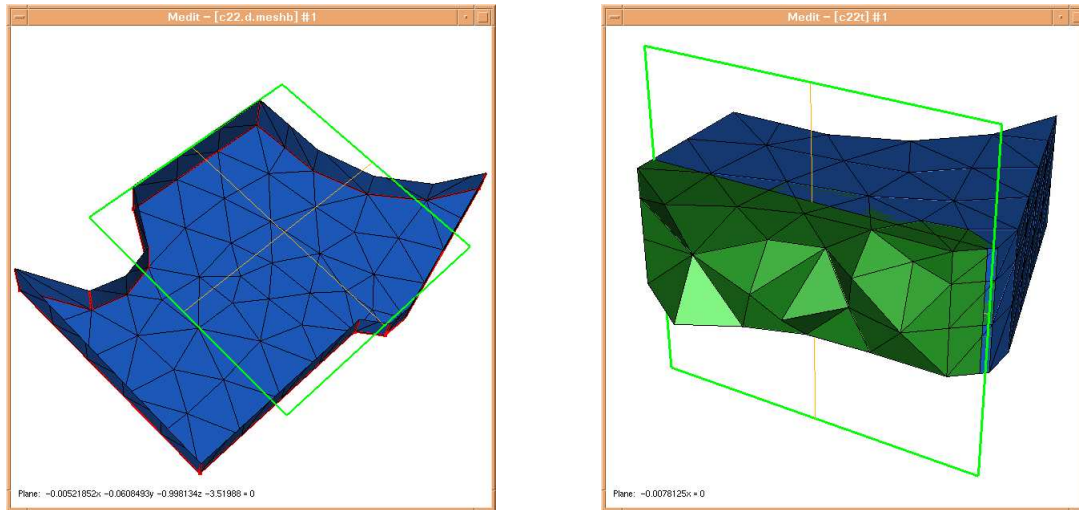


FIG. 3 – Création d'un plan de coupe dans un maillage de surface (à gauche) et de volume (à droite).

Ce rapide tour d'horizon permet d'illustrer certaines possibilités du logiciel de visualisation. Ce que l'utilisateur doit retenir à ce stade de la présentation c'est que le logiciel obéit au doigt et à l'œil (par l'intermédiaire de la souris!). En particulier, il est important de noter que presque toutes les commandes des menus sont doublées par un raccourci clavier, qui à l'usage se révèle plus rapide et rend donc inutile la recherche de l'option souhaitée dans un embrouillamini éventuel de menus (sous-menus,...). Taper 'h' dans la fenêtre graphique provoque l'affichage des commandes et de leur fonction dans la fenêtre texte. L'habitude aidant, il deviendra facile d'afficher la boîte englobante 'B', d'afficher les sous-domaines de couleurs différentes 'e', de visualiser un champ scalaire associé 'm', de réaliser une copie d'écran 'H', etc.

4 Utilisation

Dans cette section, nous allons détailler le catalogue de toutes les options, commandes et raccourcis clavier du logiciel.

4.1 La ligne de commande

La manière "classique" de lancer **Medit** est la suivante :

```
medit [file1] ... [filen]
```

où **filex** représente un nom de fichier valide. Rappelons que par défaut (c'est-à-dire sans suffixe) le fichier cherché est au format **mesh** binaire. L'option '**-h**' affiche la syntaxe de la ligne de commande.

Une utilisation plus élaborée concerne la visualisation d'une séquence de maillages (mode "animation"). Par exemple dans le contexte de l'adaptation de maillages, l'utilisateur a généré différents maillages adaptés et leurs champs de solutions associés. Il peut s'avérer utile de visualiser l'évolution d'un maillage au cours d'un calcul. Ceci peut se faire de manière relativement simple : il faut tout d'abord créer une série de fichiers **file.i**, où **i** est un numéro d'ordre dans la série. L'incantation magique permettant de réaliser une animation est alors :

```
medit prefix -a debut fin
```

debut et **fin** étant les numéros de départ et de fin dans la série. Ainsi, par exemple, la commande :

```
medit c22- -a 10 20
```

permet de lancer une animation basée sur les maillages **c22-10.mesh** à **c22-20.mesh**.

4.2 Les options accessibles par menus

Dans cette section, nous allons d'abord préciser toutes les options accessibles par les menus (activés par le bouton droit de la souris).



FIG. 4 – *Menu principal.*

Le menu principal (Figure 4) guide l'utilisateur parmi les différentes options possibles, regroupées en plusieurs catégories accessibles via des sous-menus. Certaines conduisent à un choix booléen (*i.e.*, à deux états); elles sont identifiées par le mot **Toggle**. Certains choix correspondent à des situations spécifiques (par exemple, on ne peut visualiser un champ de métriques que si un fichier **file.bb** a été lu) et ne sont pas toujours accessibles. Le choix *Close window* permet de fermer la fenêtre graphique active (et de quitter le code si celle-ci était unique). Le choix *Quitter* entraîne l'arrêt du code (sans question supplémentaire et demande de confirmation comme il est d'usage dans certains code sans que l'on sache toujours pourquoi...).

Menu 'File'. Ce menu permet d'accéder aux fonctions telles que copie d'écran ou sauvegarde des paramètres d'environnement (voir la Section 5).

- *Load prefs.*

permet de lire le fichier des paramètres (couleur de fond, nombre et couleurs des sous-domaines, taille de la fenêtre, etc.),

- *Save prefs.*

crée un fichier de paramètres, (couleur de fond, nombre et couleurs des sous-domaines, taille de la fenêtre, etc.). Par défaut 32 sous-domaines sont définis et 32 couleurs sont associées (les faces

du maillage auront une couleur correspondant à leur numéro de référence modulo le nombre de sous-domaines).

- *Hardcopy PPM*
sauvegarde l'image écran au format PPM. Le fichier image résultant a pour nom `file.xxx.ppm` où `xxx` est un nombre (entre 1 et 999). La copie d'écran est réalisé par le logiciel (lecture dans le "backbuffer") et est donc insensible au fait que la fenêtre est recouverte partiellement par une autre fenêtre. L'image créée a une résolution identique à celle de la fenêtre graphique active.
- *Hardcopy PS*
copie d'écran au format Postscript (selon un principe identique à l'option *Hardcopy PPM*). Produit un fichier de nom `file.xxx.ps` (image 'bitmap').
- *Softcopy*
sauvegarde la vue courante dans un fichier postscript. Produit un fichier `file.xxx.ps`. Le fichier résultant est constitué d'un ensemble de polygones (polylignes) triées. L'avantage sur l'option *Hardcopy PS* est dans la haute résolution des tracés de lignes (liés à la résolution de l'imprimante (typiquement 600 points par inch) à comparer avec la résolution maximale d'un écran (souvent 1268×990 , au mieux). Le défaut potentiel de cette option est lié au fait que, dans la version actuelle, les polygones ont une couleur constante (image vectorielle).

Menu 'Render mode'. Ce menu sert à modifier l'apparence (le "rendu") du maillage.

- *Wireframe*
affiche le maillage en mode fil-de-fer, de couleur monochrome (opposée de la couleur de fond). C'est le mode par défaut au lancement de **Medit**.
- *Depth lines*
affiche le maillage en mode fil-de-fer et active le mode 'couleur'. La couleur d'une arête est soit celle du sous domaine par défaut (*i.e.*, de nom **DEFAULT**, cf. Section 5), soit celle du sous-domaine associée à la face contenant cette arête (en mode *matcolors*, voir menu **Colors**, **Materials**). Par conséquent, une arête peut avoir plusieurs couleurs, selon le nombre de faces de références distinctes auxquelles elle appartient.
- *Hidden lines*
affiche le maillage avec élimination des parties cachées, dans la couleur opposée à la couleur du fond d'écran (Figure 1, à droite).
- *Shading*
affiche le maillage en mode 'faces pleines' et active le mode 'couleur'. La couleur des faces est celle par défaut ou celle du sous-domaine de référence de la face, selon le mode sélectionné par *matcolors*.
- *Shading+lines*
change l'apparence du maillage en celle correspondant à la combinaison des options *Shading* et *Hidden lines*. Les faces cachées sont éliminées et les faces visibles sont affichées avec une couleur propre.
- *Soft shadows*
active la génération d'une ombre portée du domaine sur un plan. Dans ce mode, la position de la lumière est importante (voir le paramètre *LightPosition* à la section 5).

Ces options correspondent souvent à des combinaisons d'options élémentaires accessibles via des raccourcis clavier. Par exemple, le mode *Shading+lines* active le mode faces cachées, arêtes visibles et la couleur du sous-domaine.

La Figure 5 illustre le type de résultat obtenu en activant le mode *Shading+lines* et *matcolors*. Le maillage est composé de 112 042 triangles répartis en 79 sous-domaines. La couleur propre de chacun des sous-domaines a été définie dans le fichier de paramètres associé au maillage.

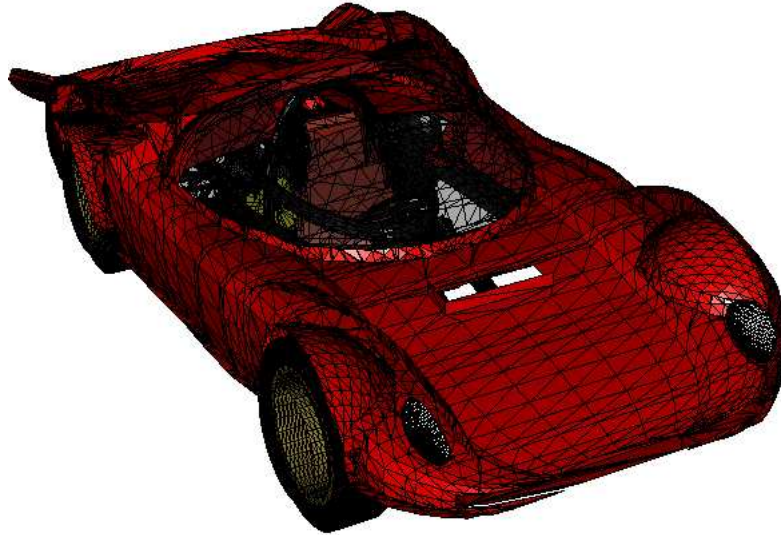


FIG. 5 – Exemple de rendu réaliste d'un maillage en mode *Shading+lines*.

Menu 'Colors, Materials'.

- *Toggle backcolor*
change chaque composante de la couleur de fond en son opposée dans le système RGB (ce qui peut conduire à une couleur inattendue) :
$$c_i = 1.0 - c_i .$$
- *Toggle matcolors*
active/désactive le mode attribuant une couleur spécifique à chaque sous-domaine. Ne prend effet que si le mode 'couleur' est actif (touche 'c').
- *Edit matcolors*
permet de modifier les propriétés des matériaux associés aux sous-domaines. Agit sur les paramètres *ambient*, *diffuse*, *specular*, *emission*, *shininess* (voir la Section 5).
- *Reset materials*
réinitialise la liste des sous-domaines actifs (*i.e.*, visibles) à l'ensemble des sous-domaines. Un sous-domaine peut être retiré de la liste d'affichage au moyen de la sélection (souris).
- *Toggle texture*
active/désactive la projection d'une texture (*i.e.*, un fichier image sur le maillage).

Menu 'Metric'. Ce menu n'est accessible à l'utilisateur que si une métrique a été associée aux nœuds ou aux éléments du maillage d'entrée, c'est-à-dire si un fichier `file.bb` a été lu.

- *Toggle metric*
affiche le maillage avec le champ de métrique (scalaire) associé. Lorsque ce mode est sélectionné, une palette de couleur par défaut (variant du bleu au rouge) est affichée et est utilisée pour mettre en correspondance les valeurs associées aux sommets ou aux éléments³ et les couleurs.
- *Toggle vector/tensor*
représente le champ de vecteurs ou de tenseurs associé aux nœuds ou aux éléments par une liste d'arêtes.
- *Toggle palette*
active/désactive l'affichage de la palette de couleurs,
- *Toggle elevation*
transforme le champ scalaire associé aux nœuds ou aux éléments d'un maillage plan en une surface cartésienne $z = f(x, y)$. L'image d'un élément du maillage 2D est un élément de surface identique, la coordonnée en z de ses sommets dépendant de la valeur scalaire associée aux sommets du maillage.
- *Elevation coeff*
permet d'ajuster les coordonnées en z des sommets de la surface cartésienne (en 2D).

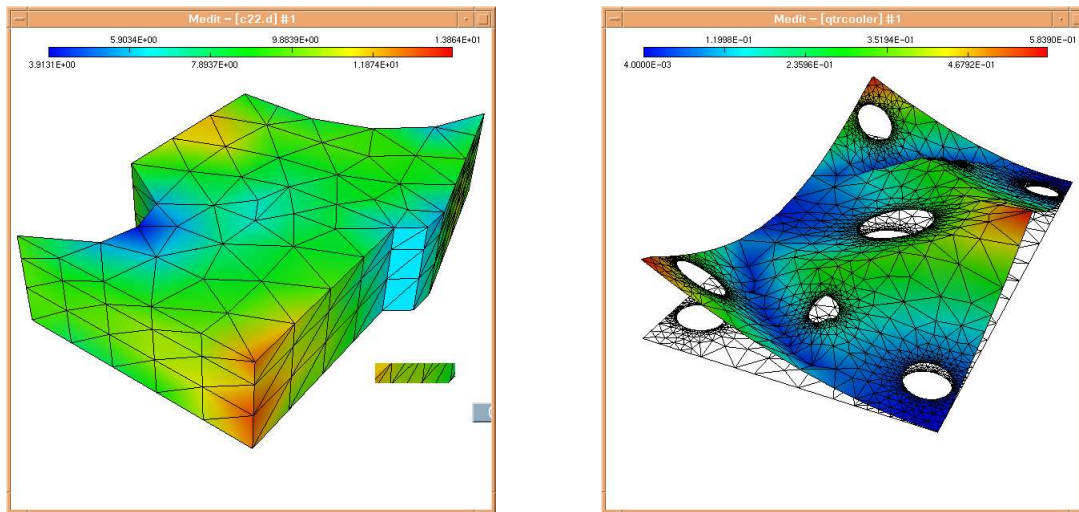


FIG. 6 – Visualisation d'un champ de métriques sur un maillage de surface (à gauche). Surface cartésienne créée à partir d'un maillage plan (à droite).

À noter que l'interpolation des couleurs dans un triangle (si les valeurs sont associées aux nœuds) est gérée par le logiciel et ne correspond pas nécessairement à l'interpolation des couleurs dans l'espace RGB. Par conséquent, les éléments du maillage peuvent être subdivisés de manière interne pour garantir une interpolation conforme avec la palette de couleurs.

3. selon la valeur de la variable `type` extraite du fichier `file.bb`, cf. Section 2.1.

Menu 'Items'.

- *Axis*
affiche/cache un système d'axes.
- *Bounding box*
affiche/cache la boîte englobante du domaine.
- *Grid*
affiche/cache une grille dans le plan $z = z_{min}$.
- *Geometric items*
affiche/cache les entités de dimension 1 et 2 (coins, points requis, arêtes vives et contraintes, etc.) avec un code de couleur : coins et arêtes vives en rouge, entités requises en vert (ou jaune si la référence est non nulle), autres entités en orange.
- *Toggle Point num*
affiche/cache les numéros de sommets.
- *Toggle Face num*
affiche/cache les numéros de faces.

Menu 'Clipping'. Ce menu permet d'accéder aux fonctions relatives au plan de coupe. N'est actif qu'en dimension 3.

- *Toggle clipping*
active/désactive le plan de coupe. Le plan de coupe $x = x_G$ est créé par défaut. Lorsque le plan est actif, il est matérialisé par un rectangle dont les bords sont de couleur verte.
- *Edit clip*
permet de modifier interactivement l'équation du plan de coupe. Lorsque cette option est active, la couleur des bords du rectangle indiquant le plan de coupe est changée en violet. L'utilisateur peut alors jouer avec la souris pour modifier ce plan, les rotations (resp. translations) sont appliquées en maintenant le bouton de gauche (resp. du milieu) enfoncé et en déplaçant la souris. À noter que dans ce mode, les transformations géométriques sont appliquées au plan uniquement et pas au maillage.
- *Freeze clip*
permet de figer la position du plan de coupe à l'écran. Cette option permet d'intersecter un maillage avec un plan constant lorsque des transformations sont appliquées au maillage.
- *Toggle capping*
active/désactive le plan de coupe volumique. En dimension 3, permet de matérialiser la trace des tétraèdres ou hexaèdres intersectés dans le plan de coupe (éventuellement avec le champ de métriques associé).
- *Reset clip*
restaure l'équation du plan par défaut $x = 0$.
- *Toggle VClip*
active/désactive l'affichage de la liste des éléments intersectés par le plan de coupe, en dimension 3 uniquement (Figure 3, à droite).

Menu 'Features'.

- *Toggle shrink*
active/désactive le mode 'éclaté'. Dans ce mode, les faces sont affichées avec une homothétie de coefficient inférieur à 1 autour de leur barycentre. Permet de dissocier des faces voisines et de détecter visuellement d'éventuelles intersections.
- *Increase shrink*
augmente le coefficient de dilatation des éléments.
- *Decrease shrink*
réduit le coefficient de dilatation des éléments.
- *Toggle splitview*
active/désactive l'affichage du maillage dans quatre sous-fenêtres correspondant aux vues de face, de dessus, de côté (projections sur les plans xOz , xOy et yOz , Figure 7, à gauche). La fenêtre en haut à droite est une réduction de la fenêtre 3D active (dans laquelle toutes les options et transformations sont accessibles).

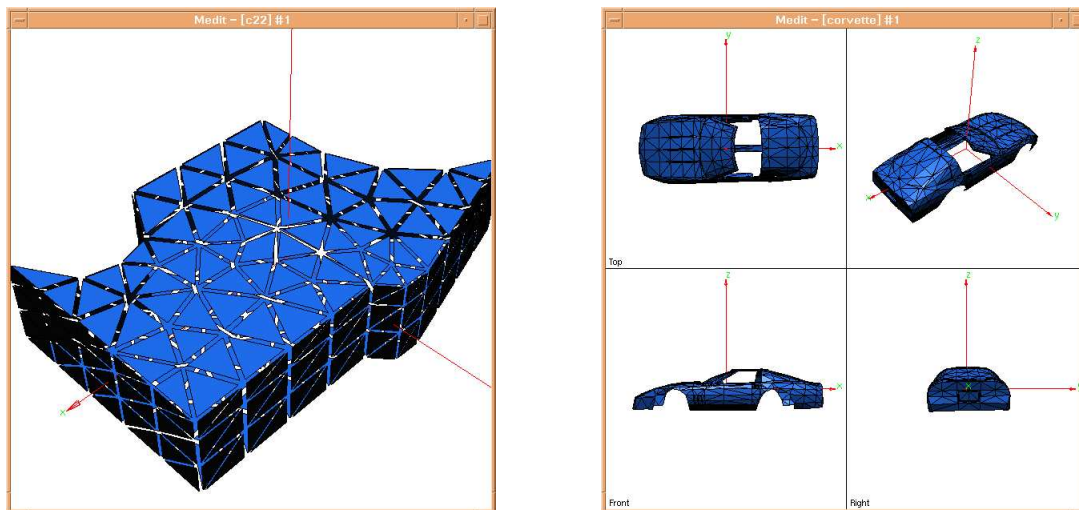


FIG. 7 – Illustration du mode 'éclaté' (à gauche). Exemple d'activation du mode sous-fenêtre (à gauche).

Menu 'View'. Le menu **View** permet, entre autre, de gérer les paramètres relatifs aux différentes vues lorsque plusieurs fenêtres sont actives simultanément. Il permet notamment de copier un angle de vue d'une fenêtre à l'autre. Cette option est utile lorsque l'utilisateur souhaite comparer deux maillages d'un même domaine.

- *Reset*
réinitialise les paramètres de vue par défaut (*i.e.*, aucune transformation n'est plus appliquée au maillage). Permet de revenir à la vue initiale en cas de translation trop importante, par exemple.
- *Copy*
mémoire les paramètres de la vue courante en mémoire. Cette vue devient la vue de référence.

- *Paste*
copie les paramètres mémorisés (par la commande *Copy*) dans ceux de la vue associée à la fenêtre graphique courante.
- *Link*
lie la vue courante à la vue de référence, dans laquelle les paramètres ont été mémorisés. Cette opération induit un fonctionnement du type maître-esclave : chaque fois que la vue de référence est modifiée, la vue attachée subit les mêmes transformations. Il est possible de lier plusieurs vues entre elles, mais une vue ne peut avoir qu'un seul lien sur une autre vue.
- *Unlink*
supprime le lien entre la vue courante et la vue de référence qui lui est associée.
- *Duplicate*
crée une nouvelle fenêtre contenant le même maillage et duplique les paramètres de vue associés.

Menu 'Animation'.

- *Toggle anim*
active/désactive le mode 'transformation automatique'. Dans ce mode, la souris est utilisée pour donner une impulsion à l'objet (par exemple, pour initialiser une rotation dont la valeur d'angle est liée au déplacement du curseur dans la fenêtre active). Cette transformation est ensuite appliquée de manière itérative sur le maillage tant que ce mode est actif. Noter qu'il est possible, à tout moment, de modifier la transformation géométrique au moyen de la souris. À titre d'information, la vitesse relative de l'affichage (le nombre de 'frames/sec.' ou polygones par seconde) est affichée dans le coin bas gauche de la fenêtre.
- *Image save*
active/désactive le mode copie d'écran automatique. Si ce mode est activé, une copie d'écran (image PPM) est effectuée à chaque rafraichissement de l'écran. Ceci permet, par exemple, de sauvegarder une séquence d'images en mode animation (dans ce cas, la valeur d'angle est fixée à 5 degrés).

Les trois choix suivants ne sont proposés que dans le cas où le logiciel a été activé par la commande :
`medit prefix -a [debut] [fin]`.

- *Start sequence*
affiche itérativement tous les maillages d'une séquence (de `mesh.start` à `mesh.stop` dans la fenêtre graphique active. Les maillages sont lus sur le disque et affichés avec les paramètres de vue sélectionnés.
- *First mesh*
réaffiche le maillage initial de la séquence.
- *last mesh*
réaffiche le maillage final de la séquence.

4.3 Les raccourcis clavier

La plupart (90% environ) des opérations et options possibles sont accessibles par l'intermédiaire des menus. Pour des raisons pratiques, ces fonctions ont des équivalents (raccourcis) clavier. Il s'agit d'une seule lettre ou symbole correspondant à l'activation d'une fonction ou la sélection d'un mode (indiqué entre crochets (`[]`) dans les menus). Par exemple, la lettre 'A' correspond au choix *Axis* du menu *Items*, qui provoque l'affichage d'un système d'axes. Comme un caractère est associé à une fonction, il n'est pas nécessaire de taper **Enter** pour valider la fonction. Tout caractère doit être tapé dans la fenêtre graphique active pour être pris en compte.

Les différents raccourcis ont été regroupés en plusieurs catégories définies ci-dessous. La plupart des ces raccourcis ont pour effet de commuter le mode sélectionné (par exemple faces cachées/fil-de-fer). On indique donc en face de chaque symbole, l'action correspondante ainsi que la valeur par défaut.

- Entités :

f	faces	off
g	entités de dim 1 et 2 (coins, arêtes vives, contraintes, etc.)	off
l	arêtes	on
A	système d'axes	off
B	boîte englobante	off
G	grille	off
 - Numéros :

F	numéros des faces	off
P	numéros des sommets	off
#	sélection d'une entité spécifique (numéro à taper dans la fenêtre texte)	
 - Sous-domaines :

r	cache le(s) sous-domaine(s) correspondant au numéro de matériau sélectionné (empile)
R	réaffiche le(s) sous-domaine(s) du sommet de pile (dépile)
- Noter qu'un sous-domaine est défini par un numéro de référence associé aux faces (ou aux éléments) du maillage. Dans le cas où le nombre de matériaux m défini dans le fichier de configuration (cf. Section 5) est inférieur au nombre de références, un modulo est appliqué sur les numéros de référence ($ref \bmod m$). Par conséquent plusieurs sous-domaines de références différentes (mais de même modulo) peuvent être éliminés par une seule opération de sélection.
- Couleurs :

b	inverse la couleur du fond	
c	mode couleur unique	off
e	mode couleur par sous-domaine (<i>Toggle matcolors</i>)	off
n	utilise normales aux sommets	on
t	mode texture	off
 - Éclairage :

v	affiche la position de la lampe locale	off
V	mode ombre portée	off

- Métrique :
 - k construit et affiche une surface cartésienne basée off
sur le champ scalaire (en 2D)
 - m mode métrique (*Toggle metric*) off
 - p commute la palette de couleur / métrique on
 - K coefficient d'élévation (pour la surface
cartésienne)
- Vue :
 - i réinitialise la vue
 - z zoom in
 - Z zoom out
 - + rapproche l'objet (translation)
 - éloigne l'objet (translation)
- Plan de coupe :
 - C commute le mode 'capping' on
 - F1 active le plan de coupe
 - F2 edite le plan (avec la souris)
 - F3 fixe l'équation du plan
 - F4 commute le mode 'hérisson' (volumique) on
- Divers.
 - a mode 'animation' (*Toggle anim*) off
 - H copie d'écran au format image PPM
 - I mode interactif off
 - L lit le fichier de paramètres associé
 - S softcopy
 - W sauve un fichier de paramètres
 - X ferme la fenêtre active
 - F5 mode 'shrink'
 - F6 augmente le coefficient de 'shrink'
 - F7 diminue le coefficient de 'shrink'
 - ←→↑↓ translations

La combinaison de deux touches clavier (au plus) permet de retrouver un mode défini dans un menu : par exemple `fc` est équivalent à sélectionner le mode *Shading+lines* du menu *Render mode*.

4.4 Utilisation de la souris

Comme on l'a indiqué, la souris est le périphérique utilisé pour définir des transformations géométriques de manière relativement naturelle. Le bouton de gauche est assigné aux opérations de rotations ou de désignation (combiné à la touche **Shift**) ou pour définir une fenêtre de zoom (combiné à la touche **Ctrl**). Le bouton du milieu permet de définir des translations et le bouton droit est réservé à la gestion des menus. Normalement, lorsqu'un bouton est enfoncé, la boîte englobante du domaine est affichée, ce qui permet des manipulations rapides (en particulier sur de gros maillages). Lorsque l'utilisateur relâche le bouton, le maillage transformé est affiché. Toutefois, si le mode est activé (touche **I**), les transformations sont directement appliquées au maillage, ce qui ralentit d'autant l'affichage.

Sélection. Le mode 'sélection' permet de sélectionner une entité du maillage. Pour cela, l'utilisateur doit placer le curseur de la souris sur une face du maillage et utiliser le bouton gauche de la souris en maintenant enfoncée la touche **Shift** du clavier. La face sélectionnée apparaît dans la couleur opposée à celle du matériau associée à sa référence. En outre, des informations relatives à cette entité sont affichées dans la fenêtre de texte :

```

Triangle   282 : 159, 25, 160    ref : 0
normal    : 0.866057 -0.499945 0.000000
vertex    159 : 23.499100 -15.508343 4.999115    ref 1
normal @   159 : 0.866057 -0.499945 0.000000
vertex     25 : 15.999702 -28.499584 -2.000490    ref 1
normal @   25 : 0.866057 -0.499945 0.000000
vertex    160 : 23.499100 -15.508343 -2.000490    ref 1
normal @   160 : 0.866057 -0.499945 0.000000

```

Lorsqu'une entité est sélectionnée, l'utilisateur peut choisir de cacher (*i.e.*, de ne pas afficher) toutes les entités appartenant au même matériau (on rappelle que deux entités appartiennent au même matériau si leurs numéros de références correspondent au même modulo du nombre de matériau).

À noter qu'une entité spécifique peut être sélectionnée à partir du clavier en utilisant la touche **#** (voir ci-dessus les raccourcis clavier).

Fenêtre de zoom. Pour définir une fenêtre de zoom à l'écran, l'utilisateur doit maintenir enfoncée la touche **Ctrl** et utiliser la souris (bouton gauche enfoncé) pour définir un rectangle autour de la région d'intérêt (Figure 8, à gauche). Cette zone est matérialisée par un rectangle englobant de couleur orange. Taper alors **z** ou **Z** pour agrandir ou rétrécir le maillage dans cette fenêtre. Si la position de la région n'est pas satisfaisante, recommencer la désignation de la région avant de taper sur **z**.

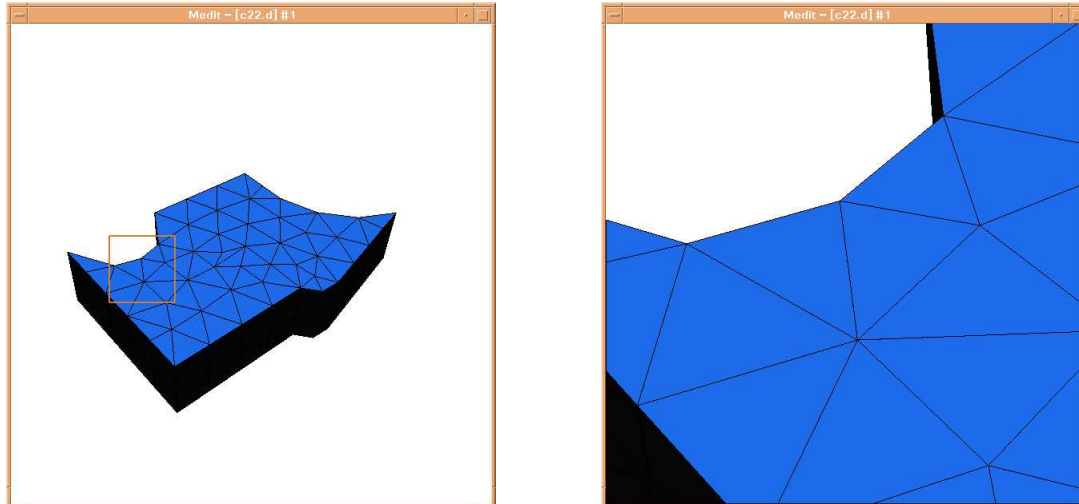


FIG. 8 – Exemple de désignation d'une région d'intérêt.

4.5 Le mode animation

Ce mode permet de visualiser une séquence de maillages (et de métriques associées). Les paramètres de vue et de rendu de la fenêtre active sont appliqués itérativement sur tous les maillages composant la séquence. On rappelle que pour cela, le logiciel doit être lancé avec la commande :

```
medit prefix -a [debut] [fin]
```

Noter que dans le cas où la commande `medit c22- -a 1 10` a été tapée, le logiciel va essayer d'ouvrir les fichiers `c22-1`, `c22-2`, ..., `c22-10`. Pour des raisons pratiques, si le fichier `c22-1` n'est pas trouvé, le logiciel va alors tenter d'ouvrir le fichier `c22-001`. En cas d'échec à l'ouverture d'un fichier, l'animation est stoppée.

Si le mode *Image save* est actif, une copie d'écran est automatiquement effectuée à chaque fois qu'un maillage est affiché. Ce mode permet donc de générer des séquences d'images qui peuvent ensuite être insérées dans un fichier d'animation du type **GIF** animé ou **mpeg**.

Cette section a présenté les diverses options et modes de fonctionnement standard de **Medit**. Toutefois, certains paramètres du logiciel peuvent être particularisés en fonction de besoins spécifiques. La section suivante va détailler ces paramètres.

5 "Du sur mesure"

À côté du fonctionnement standard du logiciel, l'utilisateur familier peut être désireux de modifier certains paramètres. **Medit** offre cette possibilité par l'intermédiaire d'un fichier de configuration associé.

Au lancement, **Medit** charge (s'il existe) un fichier de configuration appelé `DEFAULT.medit`. Ce fichier contient divers paramètres relatifs à la couleur du fond d'écran, de la position de la lumière, des propriétés des matériaux utilisés pour visualiser les sous-domaines, etc. Si le fichier par défaut n'existe pas, le logiciel utilise des valeurs par défaut raisonnables pour initialiser ces paramètres.

Ces paramètres peuvent être associés à un fichier maillage particulier, pour cela il suffit de nommer le fichier de configuration `file.medit` (`file.mesh` étant le fichier décrivant le maillage). Dans ce cas, **Medit** ouvrira ce fichier en lieu et place du fichier par défaut.

Configuration, paramètres. Le fichier de configuration se compose de mots-clés identifiant les différents paramètres ajustables.

- **BackgroundColor**
r g b
identifie les 3 composante RGB de la couleur de fond. Par défaut : 0, 0, 0.
- **LightPosition**
x y z
positionne la lampe locale (utilisée pour les ombres portées). Par défaut : -0.5, 1.0, 0.0.
- **SunPosition**
x y z
indique la direction d'éclairage (source à l'infini). Par défaut : 0.0, 1.0, 1.0.
- **WindowSize**
w h
spécifie la résolution de la fenêtre graphique. Par défaut : 600 × 600. Bien sûr, la taille de la fenêtre peut être modifiée interactivement au moyen de la souris.
- **Postscript**
cm dpi size color
paramètres utilisés pour l'impression en postscript. **cm** indique la taille en centimètres du dessin sur papier, **dpi** indique la résolution de l'imprimante (défaut 600 dpi), **size** indique la taille du support (parmi **A4**, **A3**, défaut **A4**) et **color** ou **grey** indique que l'impression est en couleurs ou en niveaux de gris (défaut **color**).

À côté de ces paramètres on trouve la gestion des matériaux.

Propriétés des matériaux. Les matériaux sont définis à l'aide de deux mots-clés donnés successivement.

- **NbMaterial**
n
indique le nombre de matériaux définis. Par défaut : $n = 32$.

– Material name

ra ga ba aa

rd gd bd ad

rs gs bs as

shiny

spécifie les valeurs des coefficients d'ambience, de diffusion, de spécularité et de brillance des matériaux. Les valeurs **rx gx bx** sont relatives aux composantes RGB, la valeur **ax** indique le coefficient de transparence (**ax=1** signifie que le matériau est opaque).

Le coefficient de diffusion joue le rôle le plus important, il permet de donner une couleur propre au sous-domaine. La perception visuelle de l'utilisateur est affectée par la couleur du matériau et l'angle d'incidence entre la lumière et l'objet. Par contre, le point de vue d'observation n'a pas d'incidence sur la diffusion. le coefficient de spécularité permet de donner de la brillance à l'objet (dans la direction de l'angle de réflexion de la lumière). Voici un exemple de définition de matériau :

Material COPPER

0.000000 0.000000 0.000000 1.000000

1.000000 0.301960 0.190196 1.000000

1.000000 0.800000 0.800000 1.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

16.000000

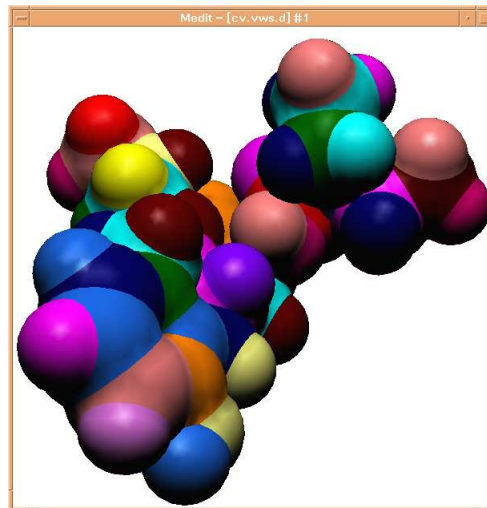
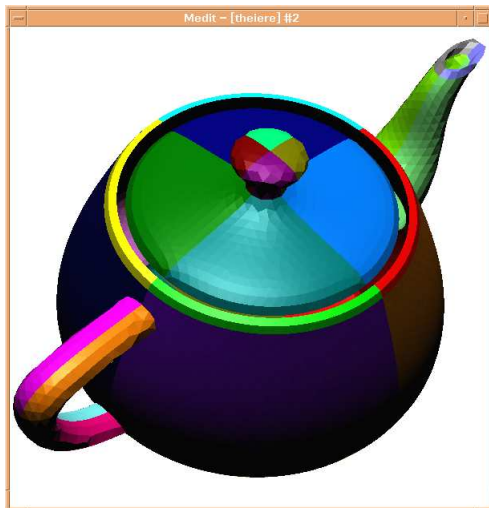


FIG. 9 – *Exemple d'utilisation des propriétés des matériaux.*

6 Annexe technique

Le logiciel a été entièrement développé à l'INRIA (projet GAMMA). Il est écrit en C ANSI (env. 11 000 lignes de code) et est basée sur le standard graphique OpenGL. **Medit** a été testé sur une large variété de machines (PC, stations de travail) et d'architectures (Unix, MacOS, Microsoft Windows).

6.1 Obtenir Medit

Pour obtenir une version récente de **Medit**, contacter :

Pascal J. FREY
Projet GAMMA
INRIA Rocquencourt
Domaine de Voluceau Rocquencourt
BP 105, 78153 Le Chesnay cedex
email: Pascal.Frey@inria.fr
tel. : 01 3963 5839

6.2 Installation

L'installation de **Medit** est normalement assez simple, c'est-à-dire accessible à l'utilisateur néophyte et peu familier des systèmes d'exploitation et/ou compilateurs. Néanmoins, s'il est relativement aisé de générer un fichier exécutable sur une machine Unix, cette opération peut s'avérer nettement plus délicate sous Windows (mais est-ce bien surprenant?!).

Pour fonctionner **Medit** requiert les bibliothèques graphiques GL et GLU, ainsi que l'extension GLUT (*OpenGL Utility Toolkit*).

Sous Unix. La distribution est constituée d'un fichier d'archive `medit.tar.gz`. Taper :

```
gunzip medit.tar.gz  
tar xvf medit.tar
```

pour installer les fichiers sources dans un répertoire `medit2.0`. Ce répertoire contient également des fichiers `Makefile` et `Makefile.gl` permettant de compiler le logiciel respectivement sous **Mesa** et **OpenGL**. Le cas échéant, éditer ces fichiers pour mettre à jour le répertoire (variable `$EXEDIR`) où le fichier exécutable `medit` doit être installé. On peut de même choisir de faire l'édition de liens avec les bibliothèques GL et GLU statiques ou dynamiques.

Sous MacOS. Le plus simple est de récupérer une version exécutable de `medit`. Sinon, la compilation du code nécessite de connaître le dossier contenant les bibliothèques **OpenGL**⁴. Il faut alors créer un projet et compiler celui-ci (par exemple avec **CodeWarrior** de **Metrowerks**).

Sous Windows. Là encore, le plus simple est de récupérer un exécutable récent. Sinon procéder comme sous **MacOs** pour compiler le code.

4. et éventuellement le *driver* de la carte graphique associée.

6.3 Performances

Pour conclure, nous allons donner quelques nombres qui devraient permettre à l'utilisateur de se faire une petite idée des performances de **Medit**. Le tableau 1 indique les performances obtenues, sur une station de travail HP9000 (PA-RISC) équipée d'une carte graphique FXe, pour afficher des maillages des tailles variables (de 300 à plus d'un million d'éléments. Dans ce tableau, *ne* indique le nombre de facettes affichées, le sigle 'fps' indique le nombre de fois que l'image est rafraîchie (*frame per second*), 'pps' donne le nombre de polygones affichés par seconde pour différents modes d'affichage (filaire, avec élimination des parties cachées et en mode *shading*).

objet / mode	<i>ne</i>	size	<i>wireframe</i>		<i>hidden line</i>		<i>shading</i>	
			fps	pps	fps	pps	fps	pps
c22	314	760 K	347	109 305	251	79 065	210	66 150
columbia	6 692	1.8 M	60	401 520	33	220 836	55.4	371 041
anatomy	168 280	37.3 M	3.3	556 297	1.7	292 661	2.14	360 600
happy	1 087 716	138 M	0.6	647 450	0.31	333 665	0.37	404 365

TAB. 1 – Performances obtenues avec une carte graphique (station HP9000, PA-RISC).

Le tableau suivant donne les mêmes informations mais cette fois dans le cas où la librairie logicielle **Mesa** a été utilisée en lieu et place de **OpenGL**. Les performances obtenues sont donc évidemment inférieures aux précédentes puisque les capacités graphiques de la carte FXe ne sont pas exploitées (les transformations graphiques sont faites par le processeur de la station de travail).

objet / mode	ne	size	<i>wireframe</i>		<i>hidden line</i>		<i>shading</i>	
			fps	pps	fps	pps	fps	pps
c22	314	2.4 M	96	30 240	69	21 735	83	26 145
columbia	6 692	3.7 M	19	127 148	9.26	61 963	10.5	70 780
anatomy	168 280	34.9 M	1.01	168 280	0.56	94 011	0.63	106 506
happy	1 087 716	167 M	0.23	245 534	0.12	132 325	0.11	124 310

TAB. 2 – Performances obtenues avec **Mesa** (station HP PA 9000).



Unit é de recherche INRIA Lorraine, Technop ôle de Nancy-Brabois, Campus scientifique,
615 rue du Jardin Botanique, BP 101, 54600 VILLERS L ÈS NANCY
Unit é de recherche INRIA Rennes, Irista, Campus universitaire de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex
Unit é de recherche INRIA Rhône-Alpes, 655, avenue de l'Europe, 38330 MONTBONNOT ST MARTIN
Unit é de recherche INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau, Rocquencourt, BP 105, 78153 LE CHESNAY Cedex
Unit é de recherche INRIA Sophia-Antipolis, 2004 route des Lucioles, BP 93, 06902 SOPHIA-ANTIPOLIS Cedex

Éditeur
INRIA, Domaine de Voluceau, Rocquencourt, BP 105, 78153 LE CHESNAY Cedex (France)
<http://www.inria.fr>
ISSN 0249-6399